

1/1 JAPIO - (C) JPO

PN - JP 09027452 A 19970128 [\*\*\*JP09027452\*\*\*]

TI - MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE

IN - YAMAZAKI SHUNPEI; TERAMOTO SATOSHI

PA - SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

AP - JP19907995 19950712 [1995JP-0199079]

IC1 - H01L-021/20

IC2 - H01L-027/12 H01L-029/786 H01L-021/336

AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To form a highly crystalline silicon film on a substrate having an insulating surface by using metal elements that promote the crystallization of silicon, and performing heat treatment at high temperature in order to obtain the crystalline silicon film.

- SOLUTION: A silicon oxide film 102 and an amorphous silicon film 103 are formed on a quartz substrate 101 in this order. The surface of the amorphous silicon film 103 is held in contact with nickel elements, and heat treatment is performed at a temperature of 800-1100 deg.C to reform the amorphous silicon film 103 into a crystalline silicon film 106. This makes it possible to obtain the crystalline silicon film 106 in as short a time as four hours or so, and provides the crystalline silicon film 106 with high crystallinity. That makes it possible to disperse in the film, the nickel elements that contributed to the promotion of crystallization, and prevents a high-density trap level from being locally formed.

- COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-27452

(43) 公開日 平成9年(1997)1月28日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/20

H 0 1 L 21/20

27/12

27/12

R

29/786

29/78

6 2 7 G

21/336

審査請求 未請求 請求項の数8 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平7-199079

(22) 出願日

平成7年(1995)7月12日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 寺本 聡

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

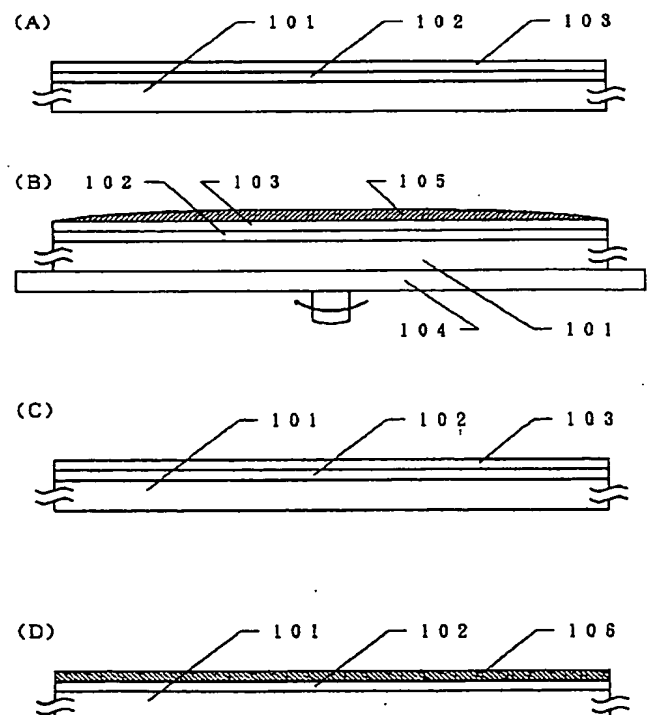
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 高い結晶性を有する結晶性珪素膜を得る。

【構成】 石英基板101上に下地膜として酸化珪素膜102を成膜し、さらに非晶質珪素膜103を成膜する。そして、珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜103の表面に接して保持させる。この状態で800～1100℃の温度で加熱処理を行う。そして、非晶質珪素膜103を結晶化させ、結晶性珪素膜106に変成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】石英基板上に成膜された珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、  
800℃～1100℃の温度で加熱処理を施し、前記珪素膜を結晶性珪素膜に変成するまたは前記珪素膜の結晶性を助長する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】石英基板上に成膜された珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を含んだ溶液を塗布する工程と、

800℃～1100℃の温度で加熱処理を施し、前記珪素膜を結晶性珪素膜に変成するまたは前記珪素膜の結晶性を助長する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】石英基板上に成膜された非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、

前記非晶質珪素膜の結晶化温度より200℃以上高い温度で加熱処理を行い、前記非晶質珪素膜を結晶性珪素膜に変成する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】石英基板上に成膜された非晶質珪素膜をパターンニングし、直径が200μm以下の島状の領域を形成する工程と、

前記島状の領域の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、

800℃～1100℃の温度で加熱処理を行い、前記島状の領域を結晶化させる工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】石英基板上に成膜された非晶質珪素膜をパターンニングし、直径が200μm以下の島状の領域を形成する工程と、

前記島状の領域の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、

800℃～1100℃の温度で加熱処理を行い、前記島状の領域を結晶化させる工程と、

前記島状の領域をパターンニングし半導体装置の活性層を形成する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】請求項1乃至請求項5において、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が用いられることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】請求項1乃至請求項5において、得られた結晶性珪素膜に対してレーザー光または強光の照射を行うことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項8】請求項1乃至請求項5において、石英基板の代わりに絶縁膜が形成されたシリコンウエハーが用いられることを特徴とする半導体装置の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本明細書で開示する発明は、絶縁表面を有する基板上に結晶性珪素膜を形成する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、ガラス基板上に形成された珪素薄膜を用いて薄膜トランジスタを構成する技術が注目されている。この薄膜トランジスタは、主にアクティブマトリクス型の液晶電気光学装置に利用されている。また、この薄膜トランジスタは、各種薄膜集積回路に利用されている。

【0003】液晶電気光学装置は、一対のガラス基板間に液晶を封入し、液晶に電界を加えることによって、液晶の光学特性を変化させ、画像表示を行わせるものである。

【0004】薄膜トランジスタが用いられるアクティブマトリクス型の液晶表示装置は、各画素に薄膜トランジスタを配置し、画素電極に保持される電荷を薄膜トランジスタをスイッチとして制御することを特徴とする。アクティブマトリクス型の液晶表示装置は、微細な画像を高速で表示できるため、各種電子機器（例えば携帯型のワードプロセッサや携帯型のコンピュータ、さらには携帯型のビデオカメラ）のディスプレイに利用されている。

【0005】アクティブマトリクス型の液晶表示装置に利用される薄膜トランジスタとしては、非晶質珪素薄膜（アモルファスシリコン薄膜）を利用したものが一般的である。しかし、非晶質珪素薄膜を用いた薄膜トランジスタでは、

(1) 特性が低く、より高品質な画像表示を行うことができない。

(2) 画素に配置された薄膜トランジスタを駆動するための周辺回路を構成することができない。

といった問題がある。

【0006】上記(2)の問題は、非晶質珪素薄膜を用いた薄膜トランジスタではPチャネル型の薄膜トランジスタが実用にならないので、CMOS回路が構成できないという問題と、非晶質珪素薄膜を用いた薄膜トランジスタでは高速動作ができず、また大電流を流すことができないので、周辺駆動回路を組むことができないという問題とに分けて考えることができる。

【0007】上記のような問題を解決する方法としては、結晶性珪素薄膜を用いて薄膜トランジスタを形成する技術を挙げることができる。結晶性珪素薄膜を得る方法としては、非晶質珪素膜に対して加熱処理を加える方法と非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射する方法とを挙げることができる。

【0008】しかしながら、現状においては、優れた結晶性を有する結晶性薄膜が得られていないのが現状であ

る。

【0009】この問題を解決する方法として、特開平6—232069号公報に記載された構成が公知である。この方法は、ニッケル等で代表される珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することによって、550℃、4時間というような加熱処理条件でもって結晶性珪素膜を得るものである。

【0010】しかしながら、上記公報に記載された技術では、得られる結晶性珪素膜の結晶性に不満足な点がある。即ち、得られる結晶性珪素膜は結晶性が低く、非晶質成分が多く残存したものとなってしまう。また、用いられる金属元素が局所的に集中して存在してしまうという現象が観察される。このような現象は、デバイスを構成した時に動作不良を招く要因となる。またこのことは、生産歩留りを低下させることになる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本明細書で開示する発明は、絶縁表面を有する基板上に高い結晶性を有する結晶性珪素膜を得る技術を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するために手段】本明細書で開示する発明の一つは、石英基板上に成膜された珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、800℃～1100℃の温度で加熱処理を施し、前記珪素膜を結晶性珪素膜に変成するまたは前記珪素膜の結晶性を助長する工程と、を有することを特徴とする。

【0013】他の発明の構成は、石英基板上に成膜された珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を含んだ溶液を塗布する工程と、800℃～1100℃の温度で加熱処理を施し、前記珪素膜を結晶性珪素膜に変成するまたは前記珪素膜の結晶性を助長する工程と、を有することを特徴とする。

【0014】他の発明の構成は、石英基板上に成膜された非晶質珪素膜上に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、前記非晶質珪素膜の結晶化温度より200℃以上高い温度で加熱処理を行い、前記非晶質珪素膜を結晶性珪素膜に変成する工程と、を有することを特徴とする。

【0015】他の発明の構成は、石英基板上に成膜された非晶質珪素膜をパターンニングし、直径が200μm以下の島状の領域を形成する工程と、前記島状の領域の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、800℃～1100℃の温度で加熱処理を行い、前記島状の領域を結晶化させる工程と、を有することを特徴とする。

【0016】基板としては、石英基板の代わりに、単結晶珪素ウエハーに代表される半導体基板を用いることができる。ただし半導体基板を用いた場合、光の透過性が確保できないという問題と、半導体基板の表面に絶縁膜を形成する必要があるという問題がある。

【0017】また本明細書で開示する発明においては、石英基板上に酸化珪素膜、窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜から選ばれた単層膜やそれらの多層膜が形成されているものも基板と称する。一般的に石英基板と半導体膜との間に働く応力を緩和するために、酸化珪素膜等の下地膜を形成することが好ましい。

【0018】また、本明細書で開示する発明は、珪素ウエハーを用いた集積回路（一般にIC回路と総称される）上に絶縁膜を形成し、その絶縁膜を下地膜としてその上に薄膜トランジスタを形成する技術に応用することができる。即ち、基板として必要とする集積回路が形成された珪素ウエハー（または単結晶珪素珪素の基体）を基体として利用することができる。

【0019】珪素膜としては、非晶質珪素膜、微結晶珪素膜を用いることができる。特に、水素の含有量を極力減らした非晶質珪素膜を用いることは有効である。また、非晶質珪素膜中の水素を人為的に減らすために、非晶質珪素膜に対して300～500℃の温度で30分～2時間程度の加熱処理を施し、膜中からの水素の離脱を促進させることは非常に有効である。結晶化の加熱処理は、この水素出しの加熱処理の後に行えばよい。

【0020】珪素の結晶化を助長する金属元素としては、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素を用いることができる。

【0021】上記金属元素の中で特にNi（ニッケル）を用いることがその効果の大きさと再現性の高さから好ましい。

【0022】本明細書で開示する発明においては、珪素膜を結晶化またはその結晶性を助長させる加熱処理の温度として、800℃～1100℃の温度を用いることが好ましい。また、出発膜として非晶質珪素膜を用いた場合には、この加熱処理の温度を、出発膜である非晶質珪素膜の結晶化温度の200℃以上とすることが好ましい。

【0023】非晶質珪素膜の結晶化温度は、珪素膜の成膜方法や成膜条件によって異なる。なお、低い温度でも加熱時間を長くすれば結晶化するので、この結晶化の始まる温度の明確な境界が存在する訳でない。例えば、600℃、24時間の加熱によってようやく結晶化する非晶質珪素膜でも、590℃、96時間の加熱処理を行えば、完全な結晶性珪素膜に変成することができる。

【0024】そこで、本明細書においては、12時間の加熱処理において全体が結晶化する温度を結晶化温度と定義するものとする。またここでの全体が結晶化するとは、全体の80%以上が結晶成分に変成した状態のことをいう。また、この全体が結晶化した状態として、ラマン分光法による計測で、非晶質成分のスペクトルがほとんど見られなくなり、結晶成分のスペクトルが顕著になった状態を挙げることもできる。

【0025】成膜法や成膜条件にもよるが、一般的には、非晶質珪素膜の結晶化温度は580℃～620℃となる。

【0026】本明細書で開示する発明において、珪素の結晶化を助長する金属元素を非晶質珪素膜に接して保持させる方法としては、この金属元素を含んだ溶液を非晶質珪素膜の表面に塗布する方法が最適である。

【0027】この方法を用いると、溶液中における金属元素の濃度を調整することで、最終的に珪素膜中に存在する金属元素の濃度を調整することができる。珪素膜中に存在する金属元素の濃度は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{19}$  原子  $\text{cm}^{-3}$ 、好ましくは、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  程度の濃度にする必要がある。このためには、上記溶液を用いた方法は非常に有用なものとなる。なお、金属元素の濃度は、SIMS（2次イオン分析方法）で計測された最小値として定義される。

【0028】また、この溶液を用いた方法を用いると、非晶質珪素膜の表面に均一に金属元素を接して保持させることが判明している。これは、金属元素の層または金属元素を含んだ層を均一に非晶質珪素膜に接して存在させることができることを意味する。このことは、局部的に金属元素が集中して存在することを防ぐ意味で非常に重要なこととなる。

【0029】金属元素としてニッケルを利用する場合は、ニッケル化合物である臭化ニッケル、酢酸ニッケル、蔞酸ニッケル、炭酸ニッケル、塩化ニッケル、沃化ニッケル、硝酸ニッケル、硫酸ニッケル、蟻酸ニッケル、ニッケルアセチルアセトネート、4-シクロヘキシル酪酸ニッケル、酸化ニッケル、水酸化ニッケル、2-エチルヘキサン酸ニッケルから選ばれた少なくとも1種類のものを主成分とする溶液を用いることができる。

【0030】また、ニッケルを無極性溶媒である、ベンゼン、トルエン、キシレン、四塩化炭素、クロホルム、エーテル、トリクロロエチレン、フロンに含ませたものを用いることもできる。

【0031】また金属元素としてFe（鉄）を用いる場合、鉄塩として知られている材料、例えば臭化第1鉄（ $\text{FeBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、臭化第2鉄（ $\text{FeBr}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、酢酸第2鉄（ $\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化第1鉄（ $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化第2鉄（ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、フッ化第2鉄（ $\text{FeF}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸第2鉄（ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ）、リン酸第1鉄（ $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ）、リン酸第2鉄（ $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれた少なくとも一種類のものを主成分として用いることができる。

【0032】また金属元素としてCo（コバルト）を用いる場合、その化合物としてコバルト塩として知られている材料、例えば臭化コバルト（ $\text{CoBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、酢酸コバルト（ $\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化

コバルト（ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、フッ化コバルト（ $\text{CoF}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸コバルト（ $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれたものを主成分として用いることができる。

【0033】金属元素としてRu（ルテニウム）を用いる場合、その化合物としてルテニウム塩として知られている材料、例えば塩化ルテニウム（ $\text{RuCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0034】金属元素としてRh（ロジウム）を用いる場合、その化合物としてロジウム塩として知られている材料、例えば塩化ロジウム（ $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0035】金属元素としてPd（パラジウム）を用いる場合、その化合物としてパラジウム塩として知られている材料、例えば塩化パラジウム（ $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0036】金属元素としてOs（オスmium）を用いる場合、その化合物としてオスmium塩として知られている材料、例えば塩化オスmium（ $\text{OsCl}_4$ ）を用いることができる。

【0037】金属元素としてIr（イリジウム）を用いる場合、その化合物としてイリジウム塩として知られている材料、例えば三塩化イリジウム（ $\text{IrCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）、四塩化イリジウム（ $\text{IrCl}_4$ ）から選ばれた材料を主成分としたものを用いることができる。

【0038】金属元素としてPt（白金）を用いる場合、その化合物として白金塩として知られている材料、例えば塩化第二白金（ $\text{PtCl}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0039】金属元素としてCu（銅）を用いる場合、その化合物として酢酸第二銅（ $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ）、塩化第二銅（ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸第二銅（ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれた材料を用いることができる。

【0040】金属元素として金を用いる場合、その化合物として三塩化金（ $\text{AuCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化金塩（ $\text{AuHCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれた材料を用いることができる。

【0041】またこれら金属元素の濃度を調整するために、以上示した材料を適当な溶媒で希釈することは有効である。また以上のような溶液に界面活性剤を含ませることは有効である。界面活性剤を利用すると非晶質珪素膜の表面に金属元素を分散させて存在させる効果を高めることができる。

【0042】

【作用】珪素の結晶化を助長する金属元素を用い、さらに結晶性珪素膜を得るための加熱処理を800℃～1100℃という高温で行うことで、短い加熱処理において、高い結晶性を有した結晶性珪素膜を得ることができる。また、このような高温で加熱処理を行うことで、金

属元素が珪素膜中において局部的に集中して存在してしまうことを防ぐことができる。

#### 【0043】

##### 【実施例】

【実施例1】図1に本実施例の作製工程を示す。本実施例は、石英基板上に結晶性珪素膜を形成するものである。まず、石英基板101上に下地膜として酸化珪素膜102を3000Åの厚さに成膜する。この酸化珪素膜102は、後に石英基板中から珪素膜中に不純物が拡散しないようにするために成膜される。次に減圧熱CVD法により、非晶質珪素膜103を500Åの厚さに成膜する。(図1(A))

【0044】次に非晶質珪素膜の表面に所定の濃度に調整したニッケル酢酸塩溶液を塗布する。そしてニッケル酢酸塩溶液の水膜105を形成する。(図1(B))

【0045】その後スピナー104を用いてスピコートを行う。また同時に余分なニッケル酢酸塩溶液を吹き飛ばす。こうして、非晶質珪素膜103の表面にニッケル元素が接して保持された状態とする。なお、ニッケル酢酸塩溶液中におけるニッケル元素の濃度は、最終的に珪素膜中に存在するニッケル元素の濃度が $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ 以下となるようにする必要がある。

【0046】こうして図1(C)に示す状態を得る。この状態において、非晶質珪素膜103の表面には、ニッケル元素が接して保持された状態となっている。そして950℃の温度で4時間の加熱処理を行う。加熱処理の終了後、700℃の温度まで0.5℃/分の冷却速度で徐冷する。ここで徐冷を行うのは、珪素膜中に応力が残留することを抑制するためである。

【0047】この加熱処理を行うことによって、非晶質珪素膜103を結晶性珪素膜106に変成することができる。(図1(D))

【0048】ここで行われる加熱処理温度は、非晶質珪素膜103の結晶化温度よりもはるかに高い温度であることが重要である。このような高い温度とすることで、4時間程度の短い時間で結晶性珪素膜を得ることができる。また、その結晶性を極めて高いものとすることができる。また、結晶化の助長に寄与したニッケル元素を膜中に分散させることができ、局部的に高密度のトラップ準位が形成されることを防ぐことができる。なお、実験によれば、本実施例に示す非晶質珪素膜の結晶化温度は約590度であることが判明している。

【0049】このような高い温度で加熱処理を加えることによって、非常に高い結晶性を有する結晶性珪素膜を得ることができる。一般に石英基板上に形成された非晶質珪素膜を900℃程度の加熱によって結晶化する技術が知られている。本実施例において得られる結晶性珪素膜106は、上記公知の石英基板を用いる技術によって得られる結晶性珪素膜に比較して高い結晶性を有してい

る。これは、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することの効果である。

【0050】【実施例2】本実施例は、実施例1に示す工程において、ニッケル元素の代わりに銅元素を用いた場合の例である。ここでは、酢酸第二銅( $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ )を用いて非晶質珪素膜の表面にニッケル元素を接して保持させた状態とする。実施例1と同様の加熱処理を行い結晶性珪素膜を得る。なお、溶液中における銅元素の濃度は、実施例1のニッケル元素の場合と同様なものとすればよい。

【0051】【実施例3】本実施例では、本明細書に開示する発明を利用してNチャネル型の薄膜トランジスタを作製する例を示す。まず実施例1に示す工程に従って、ガラス基板上に結晶性珪素膜を形成する。そして、この結晶性珪素膜をパターニングすることにより、図2(A)に示すような状態を得る。

【0052】図2(A)に示す状態においては、石英基板201上に下地膜202として酸化珪素膜が3000Åの厚さに成膜されており、さらに薄膜トランジスタの活性層を構成する結晶性珪素膜でなる島状の半導体層203が形成されている。

【0053】図2(A)に示す状態を得たら、ゲイト絶縁膜を構成する酸化珪素膜204を1000Åの厚さに成膜する。成膜方法は、プラズマCVD法による方法を用いればよい。そして、P(リン)を含んだN型の微結晶珪素膜を減圧熱CVD法で成膜する。そしてこのN型の微結晶珪素膜をパターニングすることにより、ゲイト電極205を形成する。こうして図2(B)に示す状態を得る。

【0054】ここでは珪素を用いてゲイト電極205を構成したが、耐熱性の高い金属材料やそのシリサイドを用いてもよい。また金属と半導体の多層構造を採用してもよい。

【0055】次に活性層中にソース領域とドレイン領域とを形成するために、図2(C)に示すようにP(リン)イオンの注入を行う。ここでは、Pイオンを注入するが、Pチャネル型の薄膜トランジスタを得るのであれば、B(ボロン)イオンを注入すればよい。

【0056】ここでは、Pイオンをプラズマドーピング法で注入する。この工程において、ゲイト電極がマスクとなって、206と208に示される領域にPイオンが注入される。またチャネル形成領域207が自己整合的に形成される。その後、注入されたイオンの衝撃で非晶質化した206と208に示される領域の結晶化と注入されたPイオンの活性化のために950℃、2時間の加熱処理を行う。

【0057】この加熱処理の代わりにレーザー光の照射を行ってもよい。また800～1100℃の温度で加熱しながらのレーザー光の照射を行ってもよい。またレーザー光を照射する代わりに強光(例えば赤外光)を照射す

るのでもよい。

【0058】次に図2(D)に示すように、層間絶縁膜として酸化珪素膜209をプラズマCVD法で成膜する。そして、コンタクトホール形成を行い、ソース電極210とドレイン電極211を形成する。この電極はチタンで構成される。こうして、Nチャネル型の薄膜トランジスタが完成される。

【0059】本実施例で作製される薄膜トランジスタは、ガラス基板上に600℃程度の温度で形成される結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタに比較して、大きな移動度と小さなOFF電流特性を有している。

【0060】移動度が大きいのは、高い結晶性を得られることによって、キャリアの移動度が高くなるからである。また、小さなOFF電流特性が得られるのは、トラップ準位の密度が小さくなることによって、トラップ準位を経由して移動するキャリアの数が少なくなることによる。

【0061】薄膜トランジスタにおけるOFF電流は、薄膜トランジスタのOFF動作時(ゲート電極に逆バイアスに加えられた状態)において、ソース/ドレイン間に流れてしまう電流のことをいう。

【0062】OFF電流が流れてしまう原因は、特公平3-38755号公報に記載されているように、チャネル形成領域とドレイン領域の界面近傍において、トラップ準位を介して、キャリアが移動してしまうことに起因する。従って、活性層を構成する結晶性珪素膜の結晶性を高め、トラップ準位密度を下げることによって、OFF電流の値を小さくすることができる。

【0063】〔比較例〕ここで示す比較例の作製工程は、実施例1に示す工程において、基板としてガラス基板を用い、結晶化のための加熱処理を550℃の温度で行うことにより結晶性珪素膜を得、さらにこの結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを作製する例である。

【0064】図1及び図2を用いて本比較例の作製工程を説明する。ここでは、基板101としてガラス基板を用いる。そしてまずこのガラス基板101上に下地膜として酸化珪素膜102を3000Åの厚さに成膜する。さらに非晶質珪素膜103を減圧熱CVD法で500Åの厚さに成膜する。こうして図1(A)に示す状態を得る。

【0065】次に実施例1と同様の条件で酢酸ニッケル塩溶液を塗布し、スピナー104を用いてスピコートを行う。(図1(B))

【0066】こうして図1(C)に示す状態を得る。この状態において、非晶質珪素膜103の表面に接してニッケル元素が保持された状態となる。

【0067】図1(C)に示す状態で、550℃、4時間の加熱処理を行う。この工程において、ニッケル元素の作用によって、結晶性珪素膜106を得ることができる。(図1(D))

【0068】次に結晶性珪素膜をパターニングすることにより、薄膜トランジスタの活性層を構成する。この状態を図2(A)に示す。図2(A)に示す状態において、201がガラス基板であり、202が下地膜の酸化珪素膜であり、203が薄膜トランジスタの活性層である。

【0069】次にゲート絶縁膜を構成するN型の微結晶珪素膜を成膜し、パターニングを施すことにより、ゲート電極205を形成する。こうして図2(B)に示す状態を得る。

【0070】次にP(リン)イオンの注入をプラズマドーピング法でもって行い、ソース領域206とドレイン領域208、さらにチャネル形成領域207を自己整合的に形成する。さらにレーザー光の照射を行うことにより、ソース領域とドレイン領域の再結晶化と活性化とを行う。(図2(C))

【0071】さらに層間絶縁膜209をプラズマCVD法で成膜し、コンタクトホール形成を行った後にソース電極210とドレイン電極211とを形成し、薄膜トランジスタを完成させる。

【0072】この比較例の薄膜トランジスタの移動度は、実施例1に示す薄膜トランジスタの60~70%程度を有している。しかし、OFF電流特性に関しては、実施例1に示す薄膜トランジスタに対して問題とならない程度に悪いものとなる。このOFF電流特性を改善するためには、オフセットゲート構造やLDD構造といった特殊な構造が必要とされる。

【0073】また、本比較例に示す薄膜トランジスタは、素子毎の特性のバラツキが著しく大きいという問題がある。この原因は以下のような理由によるものであると考えられる。本実施例に示す薄膜トランジスタの活性層をTEM(透過型電子顕微鏡)で観察すると、ニッケル元素が集中して存在していることが確認される。周知のように、半導体中に金属元素が局所的に集中して存在していれば、そこで高密度のトラップ準位を形成する。そしてこのような高密度のトラップ準位の存在は、デバイスの劣化や動作の不安定さの要因となる。このような理由で本実施例に示す薄膜トランジスタは、素子間の特性に大きなバラツキがあるものとなってしまいます。

【0074】これに対して、実施例1に示す工程で作製された薄膜トランジスタは、素子毎のバラツキが非常に小さいという特徴を有している。また、実施例1に示す工程で作製された薄膜トランジスタの活性層をTEM(透過型電子顕微鏡)によって観察すると、ニッケル元素の局所的な集中がほとんど見られない。このことは、素子毎のバラツキが小さいことを裏付ける。このニッケル元素の局所的な集中がほとんど見られないのは、950℃という高い加熱によって、ニッケル元素が珪素膜中において分散してしまうためであると考えられる。

【0075】〔実施例4〕本実施例は実施例1に示す工

程によって、図1(D)に示す結晶性珪素膜106を得、さらにレーザー光の照射を行い、その結晶性を高める構成に関する。図1(D)に示す状態における結晶性珪素膜107は、その膜中に少しではあるが非晶質成分を含んでいる。

【0076】この非晶質成分は、さらに加熱処理を加えることにより消滅させることができる。即ち、さらに加熱処理を加えることで、より結晶性を高めたものとする。しかし、この加熱処理はさらに数時間を要するもので、生産性を考慮した場合、好ましい手段とはいえない。

【0077】そこで本実施例においては、実施例1に示す工程において、図1(D)に示す状態を得た後、さらにレーザー光の照射を行い、その結晶性を高めることを特徴とする。

【0078】照射するレーザー光としては、紫外領域の波長を有するエキシマレーザー光を用いることが好ましい。ここでは、波長248nmのKrFエキシマレーザーを用いる。また照射エネルギー密度は300~400 mJ/cm<sup>2</sup>とする。

【0079】本実施例に示すように、加熱によって一端結晶化された結晶性珪素膜に対して、レーザー光を照射することで、その結晶性を高めることができる。そしてその効果は、高い再現性でもって得ることができる。

【0080】ここでは、レーザー光を用いる例を示したが、赤外光等の強光を照射するのでもよい。

【0081】〔実施例5〕本実施例は、1枚の石英基板上に周辺回路をも一体化した構造を有するアクティブマトリクス型の液晶表示装置に関する。以下、本実施例のアクティブマトリクス回路を得る作製工程について、図3を用いて説明する。

【0082】図において、左側に周辺論理回路の薄膜トランジスタ（周辺回路TFTと記す）の作製工程を、右側にアクティブマトリクス回路の薄膜トランジスタ（画素TFTと記す）の作製工程を、それぞれ示す。

【0083】まず、石英基板301上に下地酸化膜302として厚さ1000~3000Åの酸化珪素膜を形成する。この酸化珪素膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法やプラズマCVD法を用いればよい。

【0084】その後、プラズマCVD法や減圧熱CVD法によって非晶質珪素膜を500Åの厚さに成膜する。さらに実施例1に示した方法と同様の方法により、非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素であるニッケルを接して保持させる。

【0085】次に900℃、4時間の加熱処理を行うことにより、非晶質珪素膜を結晶性珪素膜に変成する。この加熱処理の後に、レーザー光の照射や強光の照射によって、さらに結晶性を高めてもよい。

【0086】次に得られた結晶性珪素膜をエッチングして、島状の周辺駆動回路の薄膜トランジスタ（図では周

辺回路TFTと記す）の活性層303（Pチャネル型TFT用）、304（Nチャネル型TFT用）と、マトリクス回路の薄膜トランジスタ（図では画素TFTと記す）の活性層305を形成する。

【0087】さらに、酸素雰囲気中でのスパッタ法によって、厚さ500~2000Åの酸化珪素膜でなるゲイト絶縁膜306を形成する。ゲイト絶縁膜の形成方法としては、プラズマCVD法を用いてもよい。プラズマCVD法によって酸化珪素膜を形成する場合には、原料ガスとして、一酸化二窒素（N<sub>2</sub>O）もしくは酸素（O<sub>2</sub>）とモンシラン（SiH<sub>4</sub>）を用いることが好ましい。

【0088】その後、厚さ2000Å~5μm、好ましくは2000~6000Åの多結晶シリコン膜（導電性を高めるためP（リン）を含有する）を減圧熱CVD法によって基板全面に形成する。そして、これをエッチングして、ゲイト電極307、308、309を形成する。（図3（A））

【0089】その後、イオンドーピング法によって、全ての島状活性層に、ゲイト電極をマスクとして自己整合的にフォスフィン（PH<sub>3</sub>）をドーピングガスとしてP（リン）を注入する。ドーピング量は1×10<sup>12</sup>~5×10<sup>13</sup>原子/cm<sup>2</sup>とする。この結果、弱いN型領域310、311、312が形成される。（図3（B））

【0090】次に、Pチャネル型薄膜トランジスタの活性層303を覆うフォトレジストのマスク313を形成する。また同時に画素薄膜トランジスタの活性層305のうち、ゲイト電極に平行にゲイト電極309の端から3μm離れた部分までを覆うフォトレジストのマスク314を形成する。

【0091】そして、再び、イオンドーピング法によって、フォスフィンをドーピングガスとしてP（リン）イオンを注入する。この時、レジストマスク313と314の下にはP（リン）イオンは注入されない。

【0092】この結果、強いN型領域（ソース/ドレイン）315、316が形成される。この工程において、画素薄膜トランジスタの活性層305の弱いN型領域312のうち、マスク314に覆われていた領域317（図3（D）参照）はP（リン）が注入されず、弱いN型のままとする。（図3（C））

【0093】次に、Nチャネル型薄膜トランジスタの活性層304、305をフォトレジストのマスク318で覆い、ジボラン（B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>）をドーピングガスとして、イオンドーピング法により、島状領域103にB（ボロン）を注入する。ドーピング量は5×10<sup>14</sup>~8×10<sup>14</sup>原子/cm<sup>2</sup>とする。このドーピングでは、Bのドーピング量が図3（C）におけるPのドーピング量を上回るため、先に形成されていた弱いN型領域310は強いP型領域319に反転する。

【0094】以上のドーピングにより、強いN型領域



13

(ソース/ドレイン) 315、316、強いP型領域  
(ソース/ドレイン) 319、弱いN型領域(低濃度不純物領域) 317が形成される。本実施例では、低濃度不純物領域317の幅 $x$ は、フォトリジストのマスク114の大きさより約 $3\mu\text{m}$ となる。この低濃度不純物領域317のドレイン領域側はLDD領域として機能する。(図3(D))

【0095】その後、 $900^{\circ}\text{C}$ の温度で2時間の加熱処理を施すことにより、ドーピングによるダメージを回復させる。また同時にドーピング不純物を活性化させる。その後、全面に層間絶縁物320として、プラズマCVD法によって酸化珪素膜を厚さ $5000\text{\AA}$ の厚さに成膜する。これは、窒化珪素膜あるいは酸化珪素膜と窒化珪素膜の多層膜であってもよい。そして、層間絶縁物320をウェットエッチング法によってエッチングして、ソース/ドレインにコンタクトホールを形成する。

【0096】そして、スパッタ法によって、厚さ $4000\text{\AA}$ のチタン膜を形成し、これをエッチングして、周辺回路の電極・配線321、322、323を形成する。また同時に画素薄膜トランジスタの電極・配線324、325を形成する。さらに、プラズマCVD法によって、厚さ $2000\text{\AA}$ の窒化珪素膜326をパッシベーション膜として形成する。そしてこれをエッチングして、画素薄膜トランジスタの電極325に達するコンタクトホールを形成する。最後に、スパッタ法で成膜した厚さ $1500\text{\AA}$ のITO(インディウム錫酸化物)膜をエッチングして、画素電極327を形成する。このようにして、周辺回路とアクティブマトリクス回路を一体化して形成することができる。(図3(E))

【0097】〔実施例6〕本実施例は、実施例1に示す工程において、非晶質珪素膜103の代わりに微結晶珪素膜を用いることを特徴とする。微結晶珪素膜を成膜するには、原料ガスとしてジシランを用いた減圧熱CVD法を用いればよい。本実施例の場合、加熱処理によって非晶質珪素膜を結晶性珪素膜に変成するのではなく、加熱処理によって、微結晶珪素膜の結晶性を助長させ、さらに結晶性の高い結晶性珪素膜を得ることになる。

【0098】〔実施例7〕本実施例は、オフセットゲイト領域を設けることによって低OFF電流特性を実現した実用性の高いNチャネル型の薄膜トランジスタに関する。図4に本実施例の薄膜トランジスタの概略の作製工程を示す。

【0099】まず、石英ガラス基板401上に下地膜として酸化珪素膜402を $5000\text{\AA}$ の厚さに成膜する。この酸化珪素膜は石英基板とその上に形成される珪素膜との間に働く応力を緩和させる機能を有する。またその厚さは少なくとも $3000\text{\AA}$ 以上の厚さに形成することが好ましい。

【0100】そして酸化珪素膜402上に後に薄膜トランジスタの活性層を構成する珪素膜の出発膜となる非晶

14

質珪素膜を減圧熱CVD法で形成する。ここでは成膜ガスとしてジシランを用い、 $1000\text{\AA}$ の厚さに成膜する。なお、本実施例においては、得られる薄膜トランジスタの $V_{th}$ の値を制御するために、ジシラン中にジボランを微量に含有させる。(図4(A))

【0101】非晶質珪素膜403を形成したら、スピコート法により、ニッケル酢酸塩溶液を塗布する。この工程でニッケル元素が非晶質珪素膜403の表面に接して保持された状態が実現される。

【0102】そして $800^{\circ}\text{C}$ 、4時間の加熱処理を行い、非晶質珪素膜403を結晶化させる。加熱処理の後には $2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下温度で行い珪素膜中の応力の緩和を行わせる。

【0103】この加熱処理はより高い温度で行う法が効果的であるが、徐冷時間や装置への負担等を考えると $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 程度で行うことが好ましい。

【0104】次にパターンニングを行い、薄膜トランジスタの活性層404を形成する。(図4(B))

【0105】さらに熱酸化法を用いて $500\text{\AA}$ の酸化珪素膜406を形成する。この際、加熱温度は $950^{\circ}\text{C}$ とする。熱酸化法によって酸化珪素膜406を $500\text{\AA}$ の厚さに形成することによって、活性層404の厚さは約 $750\text{\AA}$ となる。(図4(C))

【0106】次にゲイト電極を構成するためのモリブデンシリサイドを $5000\text{\AA}$ の厚さに形成する。この電極を構成するための材料は極力低抵抗を有するものを用いることが好ましい。モリブデンシリサイドの他には例えばタングステンシリサイド等を用いることができる。

【0107】そしてレジストマスク408を配置し、このモリブデンシリサイドでなる $5000\text{\AA}$ 厚の膜をパターンニングする。こうしてゲイト電極となる領域407を形成する。(図4(D))

【0108】次にモリブデンシリサイドを選択的にエッチングできる等方性のエッチング方法を用いて、エッチング処理を行う。このエッチング処理において、図4

(E)の矢印で示されるようなエッチングが進行し、モリブデンシリサイドでなるゲイト電極となる領域407の大きさが目減りする。ここではエッチングされる幅を $5000\text{\AA}$ とする。こうしてゲイト電極409が形成される。(図4(E))

【0109】そしてこの状態で図5(A)に示すようにP(リン)イオンの注入をプラズマドーピング法を用いて行う。このドーピングの結果、410と413の領域にPイオンの注入が行われる。この410と413の領域がソース領域とドレイン領域となる。そして、ゲイト電極409の直下の活性層の領域がチャネル形成領域412となる。そして、Pイオンの注入されなかった領域411がオフセットゲイト領域となる。なお、オフセットゲイト領域411の幅は $5000\text{\AA}$ となる。(図5

(A))

【0110】図5(A)に示すPイオンの注入の終了後、800℃、2時間の加熱処理を行う。この工程でソース/ドレイン領域の活性化とイオンの注入より生じた損傷のアニールを行う。

【0111】次に層間絶縁膜として酸化珪素膜414をプラズマCVD法により6000Åの厚さに形成する。そしてコンタクトホール形成後、チタン膜とアルミニウム膜との積層でなる層を形成する。そしてこれをパターンニングすることにより、ソース電極415とゲイト電極416を形成する。このアルミニウムには、ヒロックの発生を防止するためにスカンジウムを0.2wt %含有させる。さらに図示しないがゲイト電極409にコンタクトする電極を形成する。さらに400℃の水素雰囲気中において、水素熱処理を行い、活性層中の不対結合手を中和させ薄膜トランジスタを完成させる。このようにして図5(B)に示す薄膜トランジスタを完成させる。

【0112】図6に図5(B)にその断面の概要を示す薄膜トランジスタの特性の一例を示す。(特性には少なからずバラツキがある)

【0113】図6にその特性を示す薄膜トランジスタは、移動度が $247.57 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、 $V_{th}$ が0.11Vであり、S値が0.09V/Decである。得られた薄膜トランジスタの特性のバラツキは、移動度が180~250  $\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度の範囲内であり、S値が0.09~0.12V/Dec程度の範囲内である。

【0114】このような特性を有する薄膜トランジスタは数十MHzの高速動作を行わすことができる。従って、そのバラツキを抑制すれば、石英基板上に画像信号を扱えるような集積回路を形成することができる。

【0115】図7に比較のために作製した薄膜トランジスタの特徴とする作製方法および特性についてまとめたもの示す。

【0116】図7に示す比較例1及び比較例2は、基本的に図4及び図5に示す作製工程に従って作製される。

【0117】比較例1は珪素の結晶化を助長する金属元素を利用しないで、結晶性珪素膜を得ることを特徴とする。この比較例1は一般の高温ポリシリコンTFETと呼ばれる薄膜トランジスタに相当する。従って、本実施例と比較例1とを比較することによって、金属元素を利用したことによる効果を確認することができる。

【0118】比較例2は珪素の結晶化を助長する金属元素は利用するが、図4(A)に示す工程で行われる非晶質珪素膜403の結晶化のための加熱処理を550℃、4時間の条件で行うことを特徴とする。従って、本実施例と比較例2とを比較することによって、非晶質珪素膜の結晶化のための加熱の温度の違いに起因する薄膜トランジスタの特性に与える影響を確認することができる。

【0119】なお比較例2は、ソース/ドレイン領域の活性化を加熱ではなく、レーザー光の照射によって行う。

【0120】図7を見れば明らかなように、本実施例の作製工程を採用することにより、比較例1のニッケルを用いない場合、さらには比較例2に示すニッケルは用いたが結晶化のための加熱の温度を550℃に下げた場合に比較して顕著に有意な特性を有する薄膜トランジスタが得られることが分かる。

【0121】なお比較例1及び比較例2に示すような薄膜トランジスタは数MHzの範囲でしか動作させることができない。即ち、本実施例に示す薄膜トランジスタの1/10程度の速度でしか動作させることができない。

【0122】〔実施例8〕本実施例は、図4に示す薄膜トランジスタの作製工程の一部を工夫したものである。図4(A)に示すように非晶質珪素膜403を成膜した後、ニッケルを用いた結晶化を行った場合、見かけ上数百μmの粒径を有する結晶粒が多数形成された結晶性珪素膜が得られる。

【0123】この結晶性珪素膜を用いると、実施例7に示すように顕著に高い特性を有する薄膜トランジスタを得ることができる。しかし、石英基板上に形成された結晶性珪素膜を用いて多数の薄膜トランジスタを形成した場合、一定の割合で活性層中に結晶粒界が位置してしまうような状況が実現されてしまう。

【0124】結晶粒界には、結晶化の助長に寄与した金属元素や不純物が析出している。このような存在はキャリアの移動を阻害する要因となる。従って、活性層の特にチャネル形成領域に結晶粒界が存在してしまう場合、得られる薄膜トランジスタの特性は低いものになってしまう。そして、このことが得られる薄膜トランジスタの特性のバラツキを招いてしまう。

【0125】このような問題を解決するには、活性層内に結晶粒界が存在しないようにすればよい。活性層の大きさは小さくて10μm角程度、大きくて100μm角程度である。前述したように得られる結晶粒の大きさは数百μm(実験によれば300μm程度のものは得られる)である。

【0126】そこで、本実施例に示す構成においては、非晶質珪素膜をパターンニングすることによって、非晶質珪素膜でなる活性層をまず得て、それからニッケル元素を用いた結晶化を行う。即ち、図4(B)に示す状態を得た後にニッケル元素の導入を行い、その後800℃、4時間の加熱処理を行い、活性層の形状を有する非晶質珪素膜を結晶化させる。

【0127】前述のように活性層の大きさは大きくて100μm程度であるので、その程度の大きさにパターンニングされた島状の非晶質珪素膜はほぼ一つの結晶粒となる。

【0128】このような構成とすることによって、活性層内に結晶粒界が存在してしまうことを抑制することができる。そして得られる薄膜トランジスタの特性のバラツキを抑えることができる。即ち、実施例7で示したよ

うな移動度が $250 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 近く得られ、さらにS値が $0.1 \text{ V/Dec}$ を切るような顕著に高い特性を有した薄膜トランジスタを特性のパラッキを抑えて得ることができる。

【0129】〔実施例9〕本実施例は実施例8に示す構成において、珪素の結晶化を助長する金属元素の影響を抑制する構成に関する。実施例8に示すように出発膜である非晶質珪素膜を活性層の形状にパターニングし、しかる後にニッケルを利用した加熱処理により結晶状態を有する活性層を得る場合、以下に示すような問題が生じる。

【0130】即ち、非晶質珪素膜でなるパターン（活性層のパターン）を形成した後に結晶化を行った場合、活性層のパターンの周辺部、即ちパターンの縁に結晶化に寄与した金属元素が偏在してしまう。この金属元素の偏在は、活性層の側面や縁部分にトラップ準位が形成されてしまう要因となる。そしてこのような状態は、薄膜トランジスタの動作に悪影響を与えることが懸念される。

【0131】本実施例は、上記のような金属元素の偏在した領域が存在しない活性層を得る技術を提供するものである。図8に本実施例に示す活性層の作製工程を示す。

【0132】図8（A）において801で示されるのは、石英基板上に下地の酸化珪素膜を介して形成された非晶質珪素膜の特定の領域である。まずこの領域において802～804で示される3つの矩形パターンを形成する。即ち、非晶質珪素膜でなる802～804で示される3つの島状の領域を形成する。

【0133】このパターンの大きさは $10 \mu\text{m}$ 角～ $200 \mu\text{m}$ 角、好ましくは $20 \mu\text{m}$ 角～ $100 \mu\text{m}$ 角とする。即ち、得られる結晶粒の面積の7割程度以下の面積となるようにする。またその形状は正方形でも長方形でも多角形状でも円形でも楕円形でもよい。即ち、利用しやすい任意の形状とすればよい。ただし複雑な形状は結晶化の進行を阻害するので好ましくない。

【0134】またこのパターンの大きさは、円形に換算して概略 $200 \mu\text{m}$ 以下の大きさとすることが好ましい。これは、ニッケルを用いた加熱による結晶化によって形成される結晶粒の大きさが $200 \mu\text{m}$ ～ $300 \mu\text{m}$ となることに起因する。

【0135】図8（A）に示すような非晶質珪素膜のパターンを形成したら、ニッケル酢酸塩溶液をスピンコート法で塗布し、矩形状に形成された非晶質珪素膜のパターン802～804の露呈した表面にニッケル元素が接して保持された状態とする。

【0136】ニッケル酢酸塩溶液中におけるニッケル元素の濃度は、最終的に膜中に残留するニッケル濃度が $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ～ $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の範囲に収まるように調整する必要がある。これは、この濃度以上の濃度であると、ニッケル元素の影響で半導体としての性質が阻

害されてしまうからである。またこの濃度以下の濃度であると、ニッケル元素の結晶化に際する助長作用が得られないからである。なお、ニッケル以外に金属元素を利用する場合も上記濃度範囲を目安とすることができる。

【0137】ニッケル酢酸塩溶液の塗布を行った後、 $800^\circ\text{C}$ 、4時間の加熱処理を行い、図8（A）の802～804で示されるパターンの結晶化を行う。その結果、図8（B）の805～807で示される結晶性を有する矩形状のパターンを得ることができる。このパターンは実質的に単一の結晶粒で構成されたものとなる。

【0138】この805～807で示されるパターンの縁には、ニッケル元素が偏在した状態となっている。そこで、さらに805～807で示されるパターンに対してパターニングを施す。そして808～810で示される薄膜トランジスタの活性層のパターンを形成する。

（図8（C））

【0139】この活性層のパターンは実質的に単一の結晶粒で構成されたものとする。またニッケル元素の偏在している部分が除去されるので、活性層中にニッケル元素の偏在がない状態とすることができる。

【0140】ここでは、805で示される矩形状のパターンから808で示される薄膜トランジスタの活性層のパターンを一つ得る構成を示した。しかし、2つまたはそれ以上の活性層のパターンを得るのもよい。

【0141】このようにして、結晶粒界や結晶化を助長する金属元素の影響を抑制した状態で活性層を得ることができる。

【0142】

【発明の効果】本明細書で開示する発明を利用することで、非常に結晶性の優れた結晶性珪素膜を得ることができる。特に、

- ・珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することで、高い結晶性を得ることができる。
- ・珪素の結晶化を助長する金属元素を利用することで、結晶化の時間を短いものとすることができる。
- ・ $800^\circ\text{C}$ ～ $1100^\circ\text{C}$ という高温で加熱処理を行うことによって、金属元素が局部的に集中して存在してしまうことを防ぐことができる。
- ・高い結晶性を有しているが故に高い移動度を有する薄膜トランジスタを構成することができる。
- ・高い結晶性を有しており、かつ金属元素の集中がないので、OFF電流値の低い薄膜トランジスタを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例における結晶性珪素膜の作製工程を示す。

【図2】 実施例における薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図3】 実施例における薄膜トランジスタの作製工程を示す。

19

20

【図 4】 実施例における薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図 5】 実施例における薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図 6】 実施例における薄膜トランジスタの特性の一例を示す。

【図 7】 実施例と比較例の作製条件と特性の一覧を示す。

【図 8】 実施例の作製工程を示す。

【符号の説明】

101、201	石英基板（またはガラス基板）
301	石英基板
102、202、302	下地膜（酸化珪素膜）
103	非晶質珪素膜
104	スピナー
105	ニッケル酢酸塩溶液の水膜
107	結晶性珪素膜
203、303、304、305	活性層
204、306	ゲート絶縁膜
205、307、308、309	ゲート電極
206	ソース領域
207	チャネル形成*

\* 領域

208

ドレイン領域

209、320

層間絶縁膜

210

ソース電極

211

ドレイン電極

31

実施例の薄膜ト

ランジスタの特性

32

比較例の薄膜ト

ランジスタの特性

10 310、315、316

ソース/ドレ

イン領域

317

低濃度不純物

領域

313

レジストマス

ク

314

レジストマス

ク

318

レジストマス

ク

20 321、322、323、324

電極

325

電極

326

パッシベーション

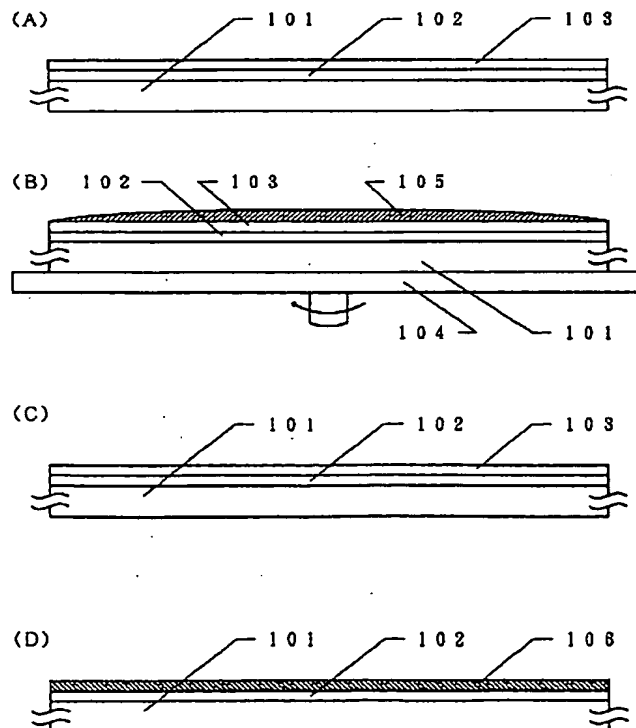
ン膜

327

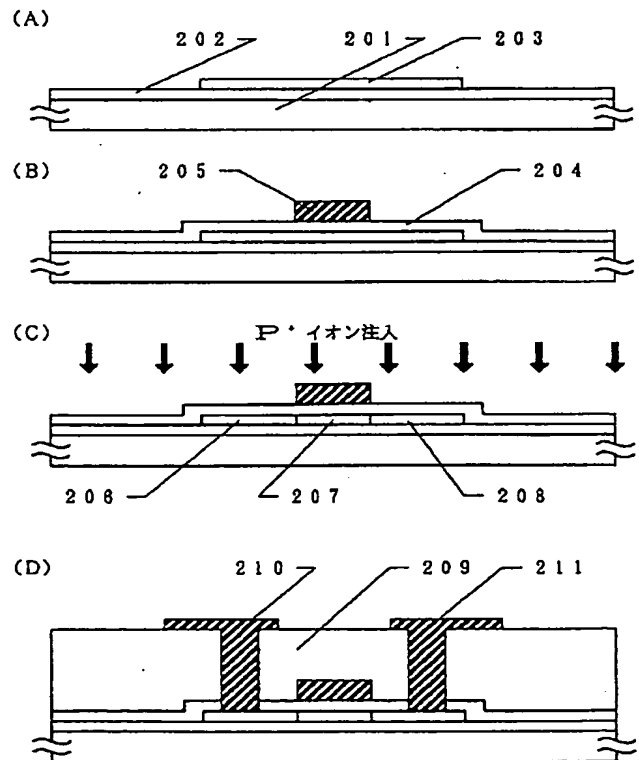
ITO電極

（画素電極）

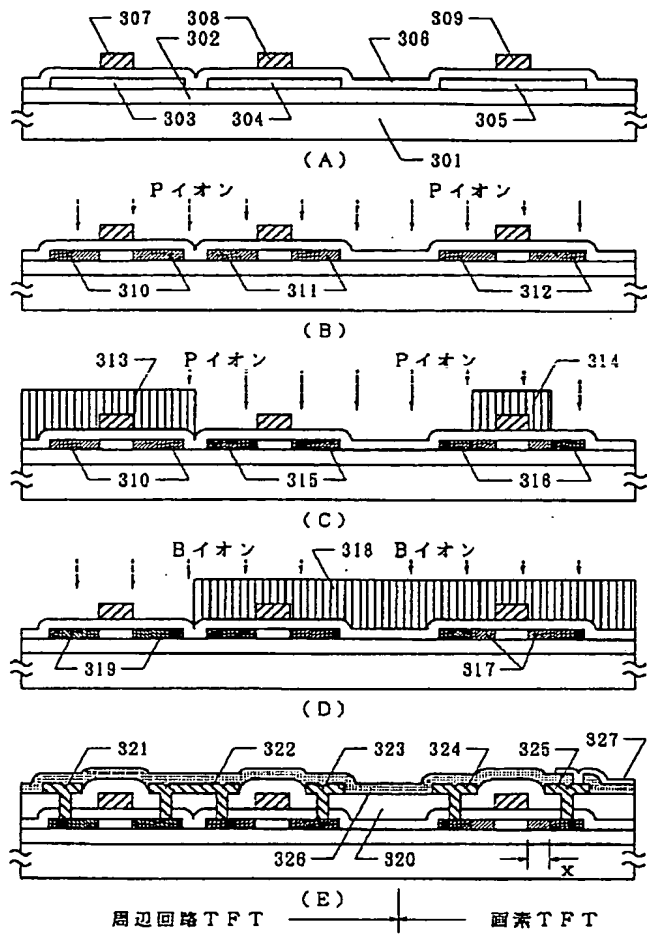
【図 1】



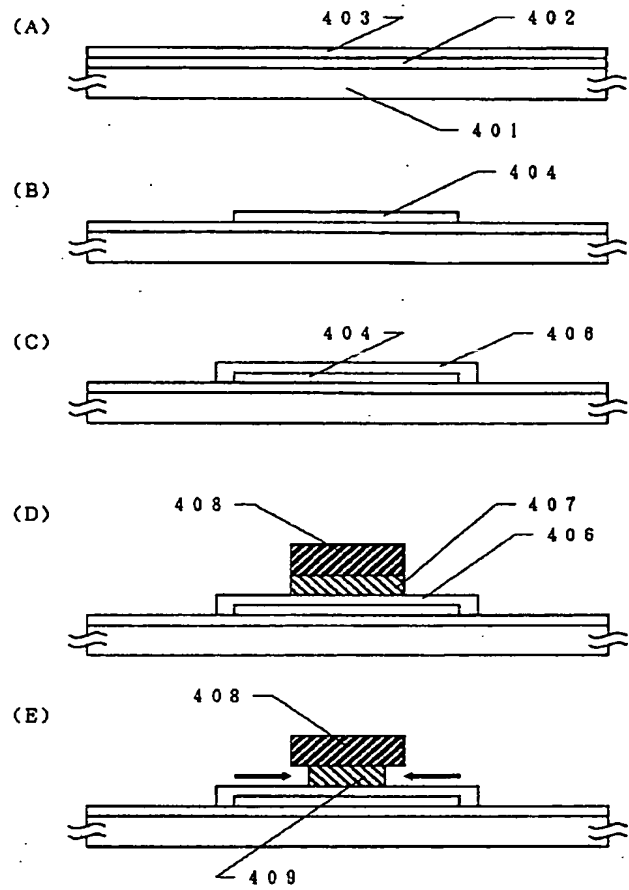
【図 2】



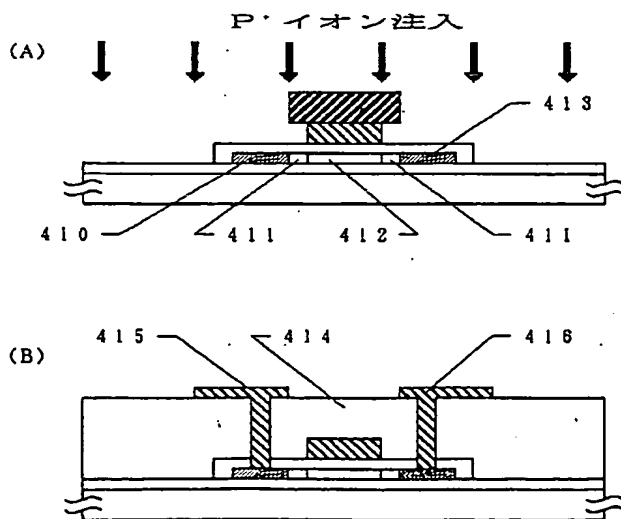
【図3】



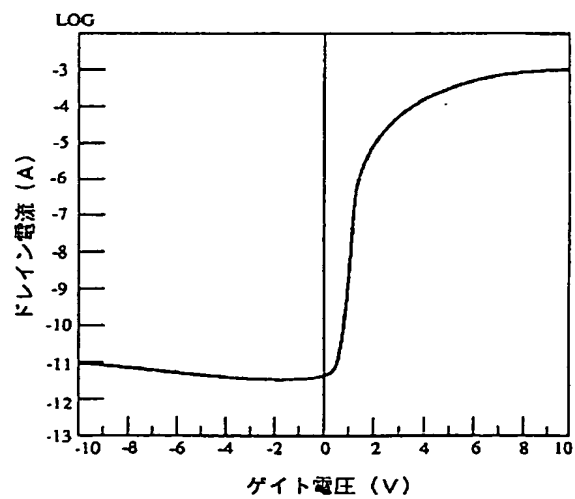
【図4】



【図5】



【図6】



【図 7】

	本実施例	比較例 1	比較例 2
結晶化方法	800℃、4時間	800℃、4時間	550℃、4時間
ニッケル有無	有り	無し	有り
移動度 $\text{cm}^2/\text{Vs}$	180~250	140~170	100~150
S値 V/Dec	0.09~0.12	0.2~0.3	0.2~0.3

【図 8】

